PROEFSTATION

VOOR

VORSTENLANDSCHE TABAK

MEDEDEELING

No. 65.

Onderzoekingen over de ontwikkeling van het wortelstelsel van Tabak onder verschillende omstandigheden (tevens bezien in verband met cultuurmaatregelen en brandbaarheid.)

DOOR

Dr. D. TOLLENAAR.

With summary: Investigations on rootdevelopment of Vorstenlanden Tobacco under different conditions (with reference to practical measures and fireholding capacity).

INHOUD:

		Blz.
I.	*Inleiding*	1
II.	*Methodiek*	2
III.	*De ontwikkeling van het wortelstelsel van Kanari in de loop van zijn groeiperiode op zware en lichte gronden en bij al of niet bevloeiïng*	4
	1. Onbevloeide, zware mergelkleigrond	7
	2. Onbevloeide, lichte Merapi-aschgrond	11
	3. Bevloeide, zware mergelkleigrond	13
	4. Bevloeide, lichte Merapi-aschgrond	16
IV.	*De invloed van eenige bemestingen op de ontwikkeling van het wortelstelsel der Y_{10}-tabak*	18
V.	*Het wortelstelsel van Y_{10} en EK met elkaar vergeleken*	23
VI.	*Eenige laboratoriumproeven over adventiefwortelvorming, wortelgroei en wortelvertakking bij Tabak*	28
	1. Het uitloopen van adventiefwortels in verband met de vochtigheid	29
	2. Invloed van grondvochtigheid en zuurstofgebrek op de groeisnelheid der tabakswortels	30
	3. Invloed van wortelbeschadiging op de vertakking van het wortelstelsel	34
VII.	*Beschouwing der resultaten in verband met cultuurmaatregelen en in verband met de brandbaarheid van Tabak*	37
	1. Vóórbevloeien en grondbewerkingen vóór het planten	37
	2. Gieten („tjorren")	38
	3. Grondbewerkingen en bevloeien na het planten, doch vóór den regen	38

Blz.

4. Grondbewerking op droge onbevloeibare zandgronden 39
5. Grondbewerkingen na het doorkomen van de regens 40
6. Tijd van toedienen der kunstmest in verband met de brandbaarheid 40

VIII. Summary: Investigations on rootdevelopment of Vorstenlanden Tobacco under different conditions (with reference to practical measures and fireholding capacity) 42

I. INLEIDING.

In de Vorstenlandsche Tabakscultuur liggen reeds bij eerste kennismaking plantenphysiologische kwesties voor het grijpen, waarvan de oplossing een ruggesteun moet kunnen geven voor de te volgen cultuurmaatregelen.

De tijd van overplanten der bibit, de hoogte van den grondwaterstand, het vóór-onderwaterzetten en de tijd van het al of niet na-irrigeeren zij zijn ongetwijfeld van invloed zoowel op de ontwikkeling van de bovengrondsche organen (aantal, vorm en dikte der bladen, tijd van in bloei schieten) als op de ontwikkeling van het wortelstelsel (hetgeen in verband met opname van zouten van groote beteekenis o.a. voor den brandduur van tabak is).

Aan een klein proefstation is men echter meestal in beslag genomen door veredeling, bemestingskwesties, ziekte-bestrijding en directe practijkvragen, en is 't zeer lastig tijd te vinden voor wetenschappelijke onderzoekingen, waarvan het resultaat a.h.w. niet op korten termijn kan worden gegarandeerd.

Toch ligt het in mijn bedoeling eenige der bovenaangestipte vraagstukken allengs te entameeren tusschen het loopende werk door.

Deze publicatie is als eerste van een dergelijke serie te beschouwen. Zeer waarschijnlijk zou men direct reeds meer willen weten, b. v. de wortelontwikkeling bij verschillenden grondwaterstand, de opname van diverse zouten onder de verschillende omstandigheden, een vergelijking tusschen het functioneeren van de beide worteltypen zooals ze in deze studie beschreven worden, en zoo wel meer.

Daar de navolgende waarnemingen echter in zeker opzicht een afgerond onderwerp vormen en eenig inzicht kunnen verschaffen in practijkmaatregelen, zoo lijkt het mij onder deze omstandigheden echter beter het verzamelde materiaal reeds thans te publiceeren.

II. METHODIEK.

De gebezigde methode, die ik reeds met succes had gebruikt voor wortelonderzoek bij Musa-soorten, is als volgt.

Op een afstand van 15 centimeter van de te onderzoeken tabaksplant wordt halfcirkelvormig een meer of minder breede „loopgraaf" gemaakt. Vervolgens worden door voorzichtig wegpeuteren der aarde tot op 5 cm. van de plant en tot op een diepte van 20 cm. de aanwezige wortels blootgelegd.

Hierbij wordt opgeteekend het aantal en de richting der bijwortels, nagegaan wordt hoeveel wortels hiervan ter plaatse eindigen en hoeveel er naar beneden of naar buiten doorloopen, genoteerd wordt de vorm en dikte der wortels, de talrijkheid van zijwortels en wortelharen, en alles wat verder van belang voorkomt, ook wat betreft de grondstructuur, grondvochtigheid, enz.

Vervolgens wordt de volgende diepere laag, van 20 tot 40 cm., en weer op een afstand van 5 tot 15 cm. halfcirkelvormig voorzichtig weggepeuterd. Telkens wordt een volgende etage van 20 cm. op deze wijze onderzocht en wel zóó diep doorgaande, totdat geen enkele wortel meer wordt aangetroffen.

Hebben wij met een vrij oude tabaksplant te doen, en kunnen ook wortels worden verwacht op 40 cm. afstand van de plant, dan wordt hier weer een kuil gegraven en herhaalt zich het onderzoek op dezelfde wijze in laagjes van 20 cm. diepte en 10 cm. breedte. Meestal wordt hier volstaan met een kwart omtrek te onderzoeken, omdat men anders met de buurplanten in conflict komt.

Is ook dit afgeloopen, dan wordt de plant verder uitgespoeld met water en nagegaan, of er ook wortels beneden de plant verticaal indringen, terwijl geteld wordt het aantal adventiefwortels langer dan 5 cm. uit de tabaksstam ontspruitende. Tenslotte worden de langste wortels van de plant opgezocht en hun lengte gemeten. Van de typeerende wortels wordt materiaal in alcohol verzameld.

Van het bovenste deel der plant wordt het aantal bladen en eventueel het bloeistadium genoteerd.

Op deze wijze is men in staat zich een idee van het wortelstelsel te construeeren. Alle eventueel overblijvende hiaten worden door een nader onderzoek aangevuld.

Hoewel deze eenvoudige methode tot goede resultaten voert, eischt ze veel tijd, geduld en ervaring met wortelstelsel en grondstructuur.

Van ieder onderzocht stadium en grondtype worden 5—7 planten aldus nagegaan. Bij de keuze der planten worden gemiddeld groote exemplaren uitgekozen, niet in de buurt van goten of terrasseeringen voorkomende en staande temidden van een aanplant met het gebruikelijke plantverband.

Bij een dergelijk wortelonderzoek doen zich natuurlijk tallooze moeilijkheden voor. Zoo komt men vooral in oudere aanplanten voortdurend wortels tegen van buurplanten. Men leert deze door de richting, waaruit zij komen herkennen, welke men kan opmaken uit de hoek, die de zijwortels met den betreffenden wortel maken.

Een andere methode bij de fijne tabakswortels is, dat men eenige uren wacht na het graven der goot, waarna alle wortels, die met de te onderzoeken plant in verbinding zijn gebleven nog turgescent zijn, de afgesneden deelen van andere planten, waaraan het worteleinde voorkomt, indrogen. Bij wortels als die van Bambusa en Musa is er nog een andere directe herkenningsmethode, doordat afgesneden worteleinden bij doorsnijden nog vele uren nadruppelen, als gevolg van het niet direct ophoudende pompvermogen. Daarentegen vertoonen worteldeelen in verbinding met de plant dit verschijnsel niet, doordat de transpiratie het vocht naar de bladen zuigt. Op deze wijze leert men allerlei moeilijkheden overwinnen, die eerst bijna onoverkomelijk lijken.

Voor literatuur over wortelonderzoek kan hier verwezen worden naar J. E. WEAVER „Root Development of Field Crops", 1926, McGraw-Hill Book Cy en J. E. WEAVER & W. E. BRUNER „Root Development of Vegetable Crops", 1927, McGraw-Hill Book Cy.

Zoover mij bekend is een dergelijk onderzoek bij tabak nog niet gebeurd.

De Heer JAGOOS heeft het grootste deel der uitgravingen verricht en met groote accuratesse.

III. DE ONTWIKKELING VAN HET WORTELSTELSEL VAN KANARI IN DE LOOP VAN ZIJN GROEIPERIODE OP ZWARE- EN LICHTE GRONDEN EN BIJ AL OF NIET BEVLOEIÏNG.

Bij het „trekken" van de jonge bibit op de zaadbedden wordt in de meeste gevallen de hoofdwortel vernield. Bij het aanslaan der uitgeplante bibit komen nieuwe wortels uit de wortelhals (bij - of adventiefwortels geheeten), en met deze wortels hebben wij dus steeds te maken.

In de onderstaande samenvattende overzichten zijn de voornaamste uitkomsten getabelleerd, waarbij nog de volgende toelichtingen kunnen worden gegeven. De opgegeven leeftijd in weken, is gerekend vanaf den datum van overplanten, dus niet vanaf den uitzaai. Tusschen haakjes is daarbij vermeld het aantal onderzochte planten, waaruit de gemiddelden berekend werden.

Wanneer wij in een grondlaag worteleinden aantreffen noemen wij deze wortels *„eindigend"*; wanneer de wortels daarentegen doorloopen naar verdere lagen en de worteleinden dus in diepere of verder verwijderde lagen voorkomen, spreken we van *„overgaand"*.

Wanneer wij met een zeer jonge plant te maken hebben zullen wij veel eindigende wortels aantreffen. Daarom wijst het voorkomen van veel eindigende wortels meestal op planten met geringe uitbreiding van het wortelstelsel.

„Schuin" indringend noemen wij alle wortels, die een hoek maken van meer dan 30^0 met het grondoppervlak; *„horizontaal"* die wortels, die een kleinere hoek dan 30^0 met het grondoppervlak maken.

Om den eventueelen invloed van onderwaterzetten en regenval direct uit de tabellen af te kunnen lezen, is cursieve respectievelijk vette druk toegepast voor het onderzochte stadium, dat volgt op deze gebeurtenissen.

Alle opgaven zijn gemiddelden; het „aantal bijwortels" heeft betrekking op de adventiefwortels langer dan 5 cm, ontspruitende uit de wortelhals.

Foto 1. Wortelverdeeling van ± 3 maanden oude Kanari-tabak op *onbevloeide zware mergelklei 3 weken na inval der regens.* Zeer spaarzaam ontwikkeld wortelstelsel, waarbij de twee verschillende worteltypen duidelijk zichtbaar zijn: de vertikaal indringende, dikke, houtige, weinig vertakte „droogte-wortels" en de horizontale, dunne, sterk vertakte wortels, die na den regen zijn gevormd.

Root-development of ± 3 month old „Kanari"-tobacco on not-irrigated heavy clay, three weeks after rainfail set in (beginning wet monsoon). Note the small root-development with two different types of roots: the thick, woody, sparingly branched, vertical roots, grown during the dry season and the horizontal, thin, well branched roots forms after rainfall.

Foto 2. Wortelstelsel van ± 3 maanden oude Kanari-tabak op *bevloeiden lichten Merapi-aschgrond.* Opvallend is het uitgebreid ontwikkelde stelsel van fijne, sterk vertakte, hoofdzakelijk horizontale „regenwortels".

Root-development of ± 3 months old „Kanari" tobacco on irrigated sandy juvenile andesitic soil. Note the extensive system of fine, profusely branched, chiefly horizontal roots.

De diepte-opgaven zijn gerekend ten opzichte van het maaiveld alsof geen aanaarden of paliren had plaats gevonden; - 20 beteekent daarbij de laag van 0 tot 20 cm. beneden het oorspronkelijke maaiveld; + 20 beteekent de aanaarding, dus 0 tot 20 cm. boven het oorspronkelijke maaiveld.

1. ONBEVLOEIDE, ZWARE MERGELKLEIGROND.

Dit onderzoek gebeurde in 1928 op de onderneming KETANDAN, tuin PRIGI-WETAN op een kalk- en ijzerconcreties bevattenden, scheurenden mergelachtigen kleigrond met zwak alkalische reactie.

Er was vóór- noch nabevloeid; regens kwamen eerst goed door ná het onderzoek der 9 weken oude aanplant.

KANARI, Onderneming KETANDAN, tuin PRIGI-WETAN, op onbevloeide zware, mergelklei, 1928.

Leeftijd aanplant	Langste wortel	Diepste wortel	Aantal bijwortels
$3^1/_2$ weken (5)	29 cm.	27 cm.	13
5 „ (7)	41 „	40 „	14
9 „ (6)	78 „	69 „	16
14 „ (5)	**109 „**	**59 „**	**37**

Procentische wortelverdeeling op 5 — 15 cm. afstand van de plant.

Diepte / Leeftijd	+20 cm.	—20 cm.	—40 cm.	—60 cm.	—80 cm.	Percentage „schuin"	Percentage „overgaand"
$3^1/_2$ weken	—	94	6	0	0	90	24
5 „	—	50	50	0	0	87	32
9 „	—	44	36	16	4	85	71
14 „	**48**	**39**	**8**	**5**	**0**	**$22^1/_2$**	**93**

Procentische wortelverdeeling op 30 — 40 cm. van de plant.

Diepte / Leeftijd	—20 cm.	—40 cm.	—60 cm.	—80 cm.	Percentage „schuin"	Percentage „overgaand"
9 weken	7	83	10	0	100	86
14 „	**68**	**24**	**7**	**1**	**37**	**94**

Het meest opvallende bij de wortelontwikkeling op zwaren onbevloeiden grond kunnen wij als volgt samenvatten:

1e) Het aantal bijwortels, dat uit den wortelhals ontspruit hangt nauw samen met den regenval. Vóór den regen neemt van $3^1/_2$ tot 9 weken dit aantal bijna niet toe. Het invallen der regens geeft aanleiding tot uitloopen van een groot aantal nieuwe bijwortels.

2e) Vóór het invallen van den regen is de richting van het wortelstelsel hoofdzakelijk schuin, m.a.w. de meeste wortels dringen in verticale richting in den grond. Geheel in overeenstemming daarmede is, dat wij dan op 30—40 cm. afstand slechts weinig wortels in den bovenlaag (0—20 cm. diepte) aantreffen, veel daarentegen op 20 tot 40 cm. diepte.

3e) Na de regens is het bovenstaande beeld totaal gewijzigd. De richting van het wortelstelsel is nu vrijwel geheel horizontaal geworden. De wortels hoopen zich zoowel op 5—15 cm. als op 30—40 cm. afstand dan ook hoofdzakelijk in de bovenste grondlagen op. In figuur 1 komt dit duidelijk uit.

Door de regens hebben dus zeer belangrijke veranderingen plaats gevonden. Het geheele verloop moeten wij ons als volgt voorstellen.

Na het uitplanten te velde bereikt men door het ± 10 dagen 2 maal per dag begieten, dat de plantjes „aanslaan". Deze werpen daarbij een aantal jonge bijwortels uit, die hun weg vinden in de groote scheuren en spleten tusschen de kei-harde ondoordringbare grondkluiten en brokken. Daar deze scheuren vooral vertikaal ontstaan, krijgen we door de geotropie der wortel een bijna geheel „schuin" indringend wortelstelsel. De wortelgroei gaat ook nà het eindigen der begieting langzaam door, maar geen nieuwe wortels loopen uit, voordat de regens invallen.

Dit doorkomen van de regens veroorzaakt bovendien een opzwellen der grondcolloïden, zoodanig, dat de scheuren zich geheel sluiten. Hierdoor sterven vele der vertikale wortels op den duur af (gebrek aan lucht in den modderigen kleigrond). Daarentegen geven de talrijke pas uitgeloopen wortels tot een geheel nieuw, doch horizontaal ontwikkeld wortelstelsel aanleiding.

Op de foto's 1 en 3 kan men beide typen van wortels duidelijk waarnemen. Wanneer wij de vertikale de „droogte-wortels" noemen, de horizontale „de regenwortels" valt een groot verschil in uiterlijk en anatomische bouw op. De regenwortels zijn dun, sterk vertakt met primaire en secundaire zijwortels, zij verhouten en verkurken niet snel en behouden daardoor lang hun witte kleur. De droogte-wortels ver-

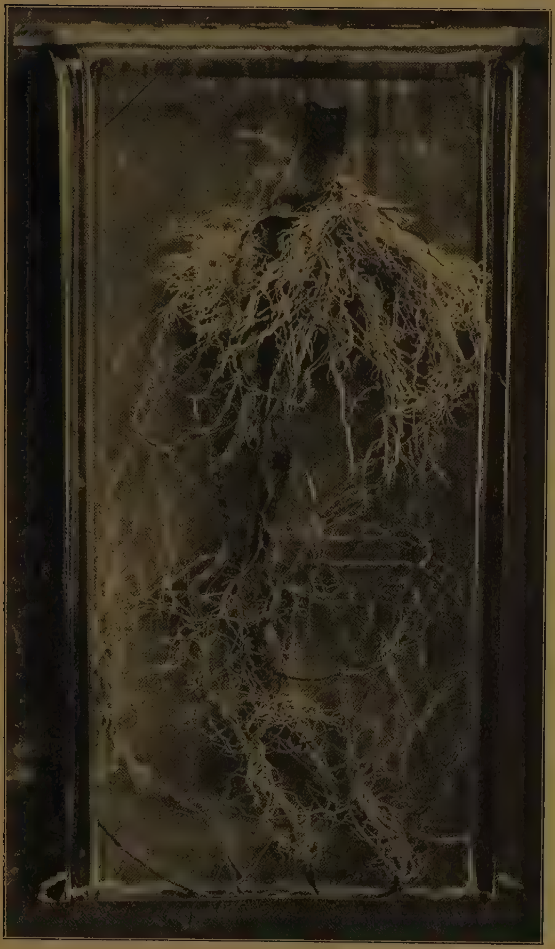


Foto 3. Uitgegraven wortelstelsel van Kanari op *onbevloeide zware mergelklei (Troetjoek), 2 weken na invallen van den regen.* Zeer duidelijk zichtbaar zijn de vertikale, dikke, houtige, spaarzaam vertakte wortels uit de droge periode, naast het nieuwe, fijne, rijk vertakte wortelstelsel, dat na den regen in de aanaarding horizontaal wordt uitgeworpen

Root system of „Kanari"-tobacco on not-irrigated heavy clay, two weeks after the wet monsoon set in. Note the vertical, thick, woody, sparingly branched roots, formed during the dry season, in contrast with the numerous, fine and well branched, young roots, developed after rainfall.

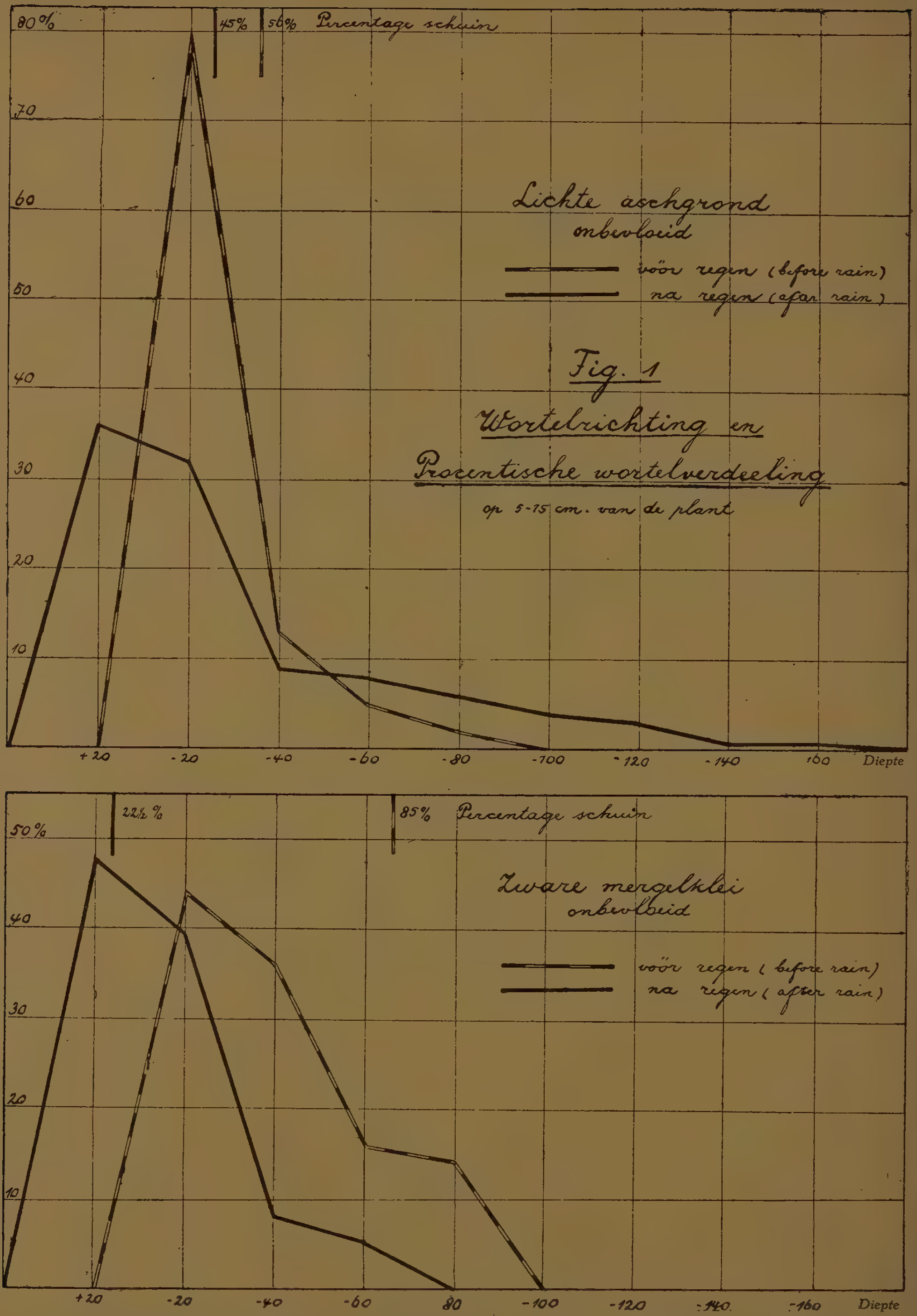


Fig. 1. Richting en verdeeling van het wortelstelsel in onbevloeiden lichten grond en in onbevloeiden zwaren grond.

Rootdirection and rootdistribution in different soillayers in not-irrigated light soil and in not-irrigated heavy clay.

houten en verkurken sterk, zijn slechts zwak met zijwortels bezet, (de harde grond belet veelal het uitloopen ervan), terwijl sterke misvormingen voorkomen, doordat de wortels zich door de spleten heen moeten wringen, waarbij ze zich nu eens moeten verdunnen, dan weer gaan kronkelen, terwijl meermalen het worteleinde tegen een harde kluit aangroeit en afsterft, waarbij een zijwortel dan dikwijls de groei voortzet (zie fig. 2). De droogte-wortels krijgen door dit alles een zeer gering absorbeerend oppervlakte vergeleken met de regenwortels.

Fig. 2. Misvormde wortels uit drogen harden kleigrond.
Deformed roots in dry heavy clay.

---

2. ONBEVLOEIDE, LICHTE MERAPI-ASCHGROND.

Het onderzoek gebeurde op een lichten juvenielen Merapi-andesietgrond. De reactie van dezen grond, gelegen op de onderneming KETANDAN, tuin DRONO was neutraal.

Er werd vóór-, noch nabevloeid; de regens kwamen pas goed door na het onderzoek der 9 weken oude aanplant.

KANARI, Ond. KETANDAN, tuin DRONO op onbevloeiden lichten Merapi-adesietgrond, 1928.

Leeftijd aanplant	Langste wortel	Diepste wortel	Aantal bijwortels
$3^1/_2$ weken (5)	26 cm.	22 cm.	13
5 „ (5)	44 „	34 „	12
9 „ (5)	66 „	58 „	?
14 „ (5)	142 „	132 „	37

Procentische wortelverdeeling op 5-15 cm. afstand van de plant.

Diepte / Leeftijd	+ 20 cm.	— 20 cm.	— 40 cm.	— 60 cm.	— 80 cm.	— 100 cm.	— 120 cm.	— 140 cm.	— 160 cm.	Percentage „schuin"	Percentage „Over-gaand"
$3^1/_2$ weken	—	96	4	—	—	—	—	—	—	30	?
5 „	—	77	23	—	—	—	—	—	—	56	?
9 „	0	80	13	5	2	—	—	—	—	56	78
14 „	36	32	9	8	6	4	3	1	1	45	96

Procentische Wortelverdeeling op 30 — 40 cm. afstand van de plant.

Diepte / Leeftijd	— 20 cm.	— 40 cm.	— 60 cm.	— 80 cm.	— 100 cm.	— 120 cm.	Percentage „schuin"	Percentage „over-gaand"
9 weken	98	2	—	—	—	—	48	37
14 „	47	20	18	9	5	1	$56^1/_2$	94

De meest op den voorgrond tredende feiten kunnen in de volgende punten worden samengevat:

1e. Ook hier hangt het uitloopen der bijwortels nauw samen met den regenval;

2e. Vóór den regenval is het wortelstelsel zeer oppervlakkig. Wanneer wij zien, dat 9 weken na het planten 80% van de wortels op 5 — 15 cm. afstand in de bovenste 20 cm. zitten samengedrongen en op 30 — 40 cm. afstand zelfs 98% dan wordt het wel duidelijk, dat vóór de regens komen elke grondbewerking op zulke onbevloeide lichte gronden uit den booze moet wezen, temeer daar aanaarding van het droge zand toch niet tot uitloopen van nieuwe wortels aanleiding geeft;

3e. Door het invallen der regens heeft niet zooals op den zwaren grond een verandering van de wortelrichting plaats. Het percentage

„schuin" verandert op 5—15 cm. van 56 % tot 45 % en op 30—40 cm. afstand van 48 % tot 56½ %, m. a. w. blijft in groote trekken gelijk, terwijl wij op den zwaren grond een daling zagen respectievelijk van 85 % tot 22½ % en van 100 % tot 37 %. Hiermede paralel gaat de verdeeling van de wortels in de verschillende lagen. Door den regen krijgen we een sterke wortelontwikkeling in de aanaarding, doch tevens dringen een aantal wortels dieper door.

Bij het onderzoek bleek ook, dat wij hier niet, zooals in den drogen zwaren grond de kronkelende houtige „droogte-wortels" aantreffen. Scheuren en barsten treden zelfs bij de grootste droogte niet in dit grondtype op. De invallende regens hebben hier door de goede doorlaatbaarheid en de veel geringere colloidale eigenschappen dan ook geen afsluiting van den ondergrond tengevolge, waardoor de wortelrichting zich niet wijzigt en het doorgroeien naar diepere lagen ook niet wordt belet.

In fig. 1 is de procentische wortelverdeeling en de wortelrichting op 5—15 cm. afstand van de plant voor beide grondtypen grafisch voorgesteld.

3. BEVLOEIDE, ZWARE MERGELKLEIGROND.

De waarnemingen werden hierbij verricht op een kalk- en ijzerconcreties bevattende scheurenden mergelachtigen kleigrond op de onderneming GAJAMPRIT, tuin MLINDJON.

Het grondtype kwam overeen met dat als eerste besproken op de onderneming KETANDAN, tuin PRIGI WETAN. Het verschil was alleen, gelegen in de bevloeiïng, die eenmaal plaats had in Augustus, ongeveer een maand vóór het planten, (z. g. vóórnglebben) en een maal na het planten (z. g. na-nglebben).

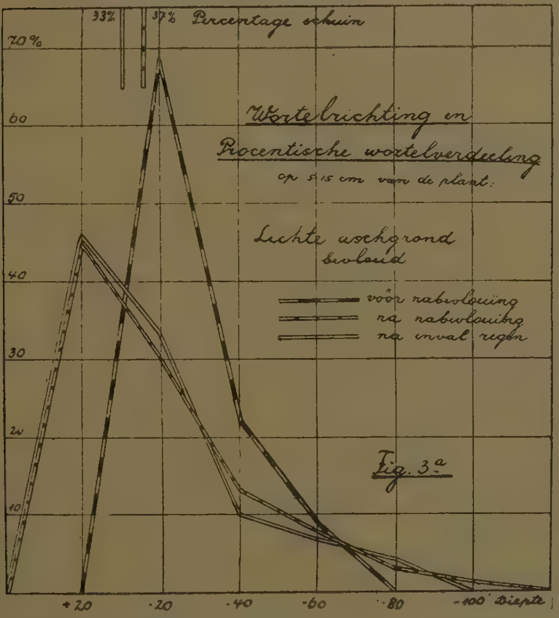


Fig. 3a. Richting en verdeeling van het wortelstelsel in bevloeiden lichten grond.

Rootdirection and rootdistribution in different soil-layers in irrigated sandy soil.

KANARI, onderneming GAJAMPRIT, tuin MLINDJON, op vóór- en nabevloeide zware mergelklei, 1928.

Leeftijd aanplant		Langste wortel	Diepste wortel	Aantal bijwortels
3½ weken	(5)	42 cm.	38 cm.	17
5 „	(6)	50 „	47 „	17
9 „	(5)	*102 „*	*87 „*	*43*
13 „	(5)	**109 „**	**83 „**	**63**
14 „	(5)	**117 „**	**35 „**	**67**

Procentische wortelverdeeling op 5—15 cm. afstand van de plant.

Diepte / Leeftijd	+ 20 cm.	—20 cm.	—40 cm.	—60 cm.	—80 cm.	—100cm.	Percentage „schuin"	Percentage „overgaand"
3½ weken	—	80	20	—	—	—	94	53
5 „	—	72	22	6	—	—	86	51
9 „	*45*	*30*	*13*	*8*	*3*	*1*	*41*	*76*
13 „	**52**	**29**	**9**	**5**	**4**	**1**	**29**	**98**
14 „	**46**	**49**	**5 *)**	—	—	—	**15½**	**99**

Procentische wortelverdeeling op 30—40 cm. afstand van de plant.

Diepte / Leeftijd	—20 cm.	—40 cm.	—60 cm.	—80 cm.	Percentage „schuin"	Percentage „overgaand"
9 weken	*57*	*27*	*12*	*4*	*47*	*90*
13 „	**62**	**27**	**8**	**3**	**41**	**97**
14 „	**92**	**8**	—	—	**8**	**100**

Hierbij vallen als hoofdverschijnselen op:

1e. Het aantal bijwortels neemt door het nabevloeien sterk toe; door den regenval heeft een verdere vermeerdering plaats. Het iets grootere aantal bijwortels vergeleken met den niet vóór-bevloeiden zwaren kleigrond op 5 weken ouden leeftijd, nl. 17 tegenover 14 zullen wij wel moeten toeschrijven aan den invloed van den door dit vóór-irrigeeren nog wat natteren bovengrond.

*) Beneden 30 cm. gaan de meeste wortels dood.

2e. De uitwerking van het na-irrigeeren op de wortelrichting en wortelverdeeling in den grond is niet zóó intensief, als door het inzetten der regens veroorzaakt wordt. Wel zien wij een sterke wortelontwikkeling in de aanaarding erdoor ontstaan, waarmede dan ook gepaard gaat een veel grooter percentage „horizontale" wortels.

3e. De invloed van den regenval bewerkt tenslotte ook hier weer het afsterven van de wortels in den ondergrond, waardoor ook het percentage „schuin" indringende wortels tot een minimum terugloopt.

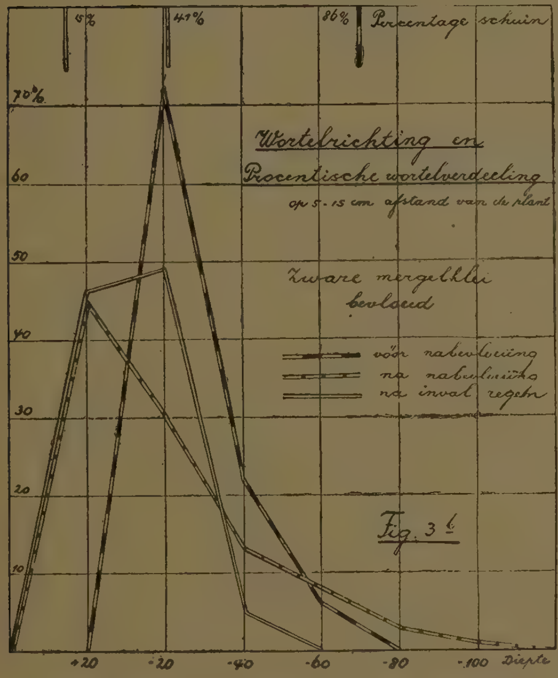


Fig. 3*b*. Richting en verdeeling van het wortelstelsel in bevloeide zware mergelklei.

Rootdirection and rootdistribution in different soillayers in irrigated heavy clay.

Ook hier was een duidelijk verschil te zien tusschen „droogte- wortels" in de scheuren vóór de nabevloeiïng ontstaan en de fijnere „regen-wortels", die zich na bevloeiïng en regen ontwikkelden.

Wat wij hier door het na-irrigeeren zien gebeuren is eigenlijk een gevolg van het tijdelijk volzuigen van den *bovengrond* met water, waardoor een sterk worteluitloopen en sterke wortelgroei in dien bovengrond wordt veroorzaakt. De scheuren en spleten sluiten zich echter door deze korte bevloeiïng in den ondergrond niet, zoodat de wortelgroei naar diepere lagen nog doorgaat, totdat ook hier de regen door middel van een volledige afsluiting van den ondergrond en stijging van het grondwater tot afsterving der dieper doorgedrongen wortels voert.

4. BEVLOEIDE, LICHTE MERAPI-ASCHGROND.

Het onderzoek had plaats op een lichten juvenielen Merapi-andesietgrond, gelegen op de onderneming GAJAMPRIT, tuin NGROENDOEL.

Het grondtype kwam sterk overeen met dat, als tweede besproken, op de onderneming KETANDAN, tuin DRONO. Het verschil was alleen gelegen in de bevloeiïng, die als vóór-irrigeeren plaats had op 29 Juli, ruim 1 maand voor het planten, en als na-irrigeeren eenmaal na het planten.

KANARI, onderneming GAJAMPRIT, tuin NGROENDOEL, op vóór- en nabevloeiden lichten Merapi-andesietgrond, 1928.

Leeftijd aanplant	Langste wortel	Diepste wortel	Aantal bijwortels
5 weken (6)	69 cm.	57 cm.	26
9 „ (5)	*104 „*	*79 „*	*62*
14 „ (5)	**113 „**	**73 „**	**58**

Procentische Wortelverdeeling op 5 — 15 cm. afstand van de plant.

Diepte / Leeftijd	+ 20 cm.	— 20 cm.	— 40 cm.	— 60 cm.	— 80 cm.	— 100 cm.	Percentage „schuin"	Percentage „overgaand"
5 weken	—	69	22	9	—	—	?	47
9 „	*45*	*30*	*13*	*8*	*3*	*1*	*37*	*27*
14 „	**46**	**33**	**10**	**7**	**4**	—	**33**	**96**

Procentische Wortelverdeeling op 30 — 40 cm. afstand van de plant.

Diepte / Leeftijd	— 20 cm.	— 40 cm.	— 60 cm.	— 80 cm.	Percentage „schuin"	Percentage „overgaand"
9 weken	*54*	*30*	*14*	*2*	*47*	*31*
14 „	**68**	**18**	**11**	**3**	**40½**	**94**

Hierbij valt het volgende het meest in het oog:

1e. De sterke invloed van het bevloeien, zoowel op het wortelaantal als op de wortelontwikkeling in de aanaarding en de lagere grondlagen. Ook hier is het grootere aantal bijwortels vergeleken met onbevloeid na 5 weken, nl. 26 tegenover 12 waarschijnlijk toe te schrijven aan den door het vóór-onderwaterzetten vochtigeren grond.

Nog merken wij op, dat het zeer sterke uitloopen van nieuwe wortels na het bevloeien het percentage worteleinden op 5 — 15 cm. afstand doet toenemen van 53% tot 73%.

2e. De regenval heeft hier niet veel veranderingen meer op het wortelstelsel gehad. De goede doorlaatbaarheid dezer gronden geeft geen aanleiding tot afsluiting van den ondergrond en de wortelverdeeling blijft dan ook onveranderd (zie fig. 3a).

Ook op dezen lichten grond komen geen „droogte-wortels" voor. Het wortelstelsel is zeer fraai: sterk vertakt en weinig verhout. Op foto 2 is dit duidelijk waar te nemen, wat een scherpe tegen- stelling vormt met de wortelontwikkeling op zwaren onbevloeiden grond (foto 1 en 3).

De bespreking van de inzichten, die door dit onderzoek worden geopend, geschiedt in hoofdstuk VII.

IV. DE INVLOED VAN EENIGE BEMESTINGEN OP DE ONTWIKKELING VAN HET WORTELSTELSEL DER Y_{10} — TABAK.

Om eenig idee te verkrijgen over de wortelontwikkeling onder invloed van bemesting, werd in 1929 op de onderneming MANANG, tuin NGEBRAK een onderzoek verricht bij de volgende objecten eener zich aldaar bevindende proeftuin van Y_{10} — tabak:

1. Onbemest
2. Crotalaria-snoeisel *) + 6 Gr. Z. A. per plant.
3. Crotalaria-snoeisel *) + 8 Gr. Ammophos 20/20 per plant.

De kunstmestbemesting was op de gewone wijze toegediend, 2 weken na het planten, terwijl het onderzoek verricht werd toen de aanplant ± 2½ maand oud was.

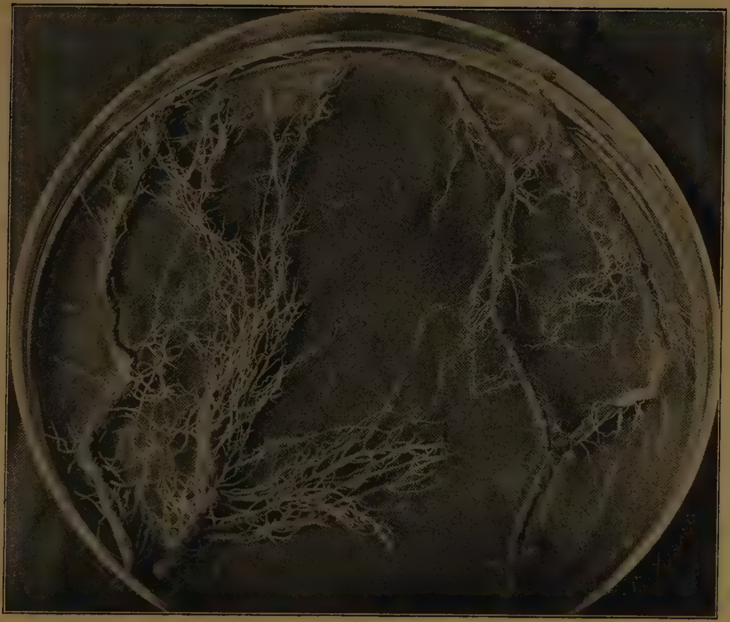
Het was een zware, fosforzuurarme, seniele mergelachtige grond, waarbij de invloed der beide bemestingen duidelijk op de aanplant was waar te nemen. Vóór het onderzoek was een enkele regenbui gevallen; onder water zetten was juist geschied vlak vóór het onderzoek plaats had, zonder dat hiervan echter reeds effect was te verwachten.

De resultaten zijn in onderstaande overzichten samengevat:

Y_{10}, onderneming MANANG, tuin NGEBRAK, 1929. Diverse bemestingen op zware mergelklei:

	Aantal bijwortels	Langste wortel	Diepste wortel	Verhouding aantal wortels aangetroffen op 5—15 cm. afstand (Onbemest = 10 gesteld)
Onbemest (5)	27	100 cm.	95 cm.	10
Crotalaria+6 Z.A. (5)	37	132 „	111 „	12½
Crotalaria+8 Ammophos (5)	44	146 „	136 „	17

*) Per bouw werd ± 9500 KG. versch Crotalaria anagyroïdes-snoeisel toegediend op 23 Mei 1929. De analyse van dit Crotalaria-snoeisel gaf: 28% luchtdroge stof; 1.51% N, 0.239% in 25% zoutzuur oplosbaar P_2O_5 en 0.863% K_2O in zoutzuur oplosbaar, alles in procenten van de luchtdroge stof.



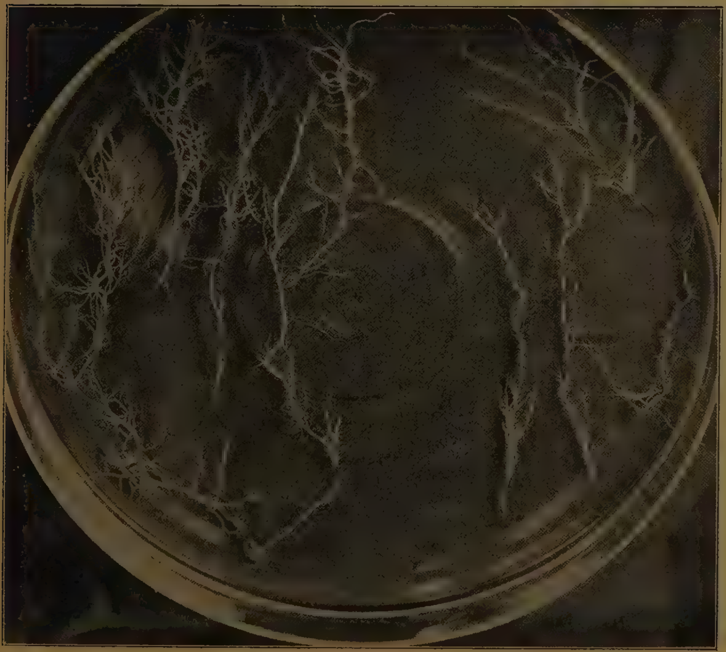


Foto 4. Links boven: type van vertakking der „droogte-wortels" bij bemesting met Crotalaria+Ammophos 20/20; links onder: type van „regenwortels" bij dezelfde bemesting. Rechts boven en rechts onder hetzelfde bij onbemeste tabak.

At left representative rootbranching after green manuring+Ammophos 20/20. At right representative rootbranching without any manure—supply.

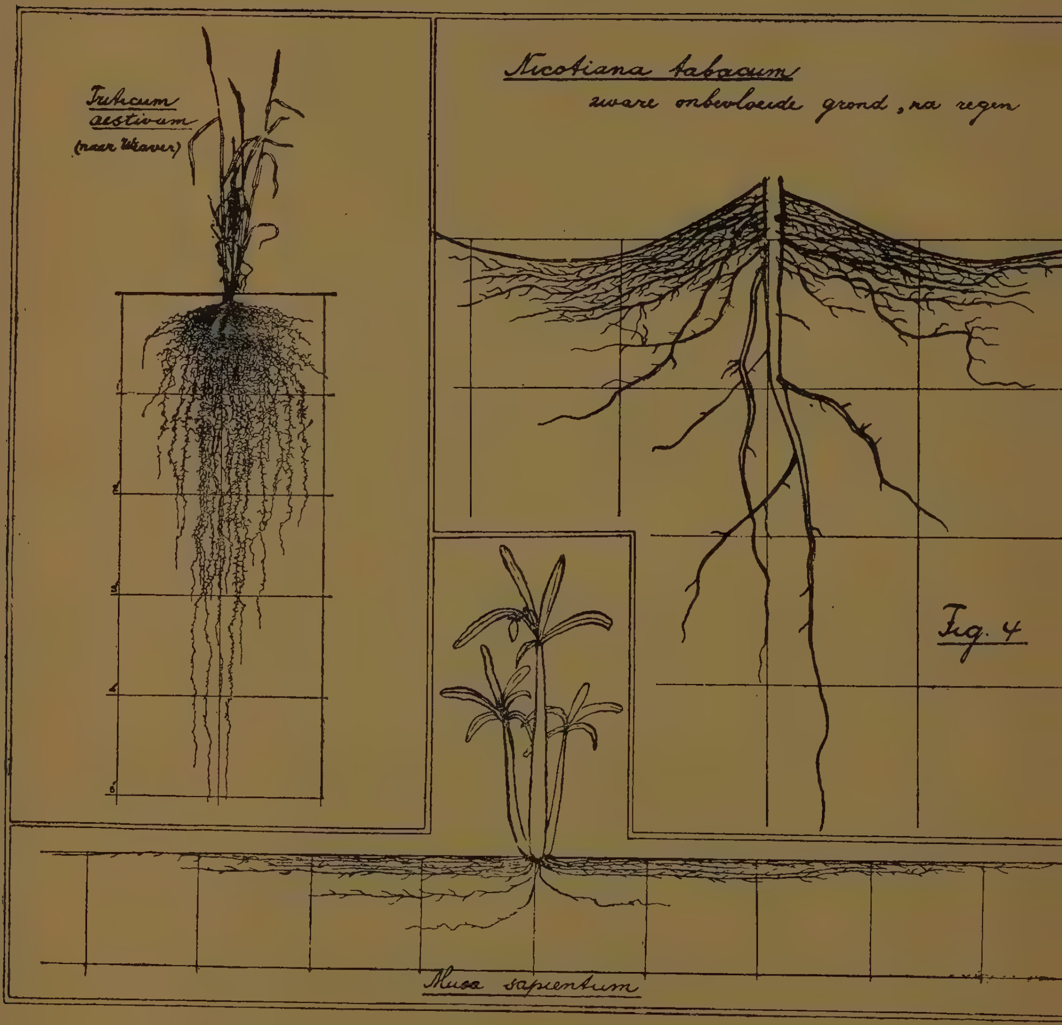


Fig. 4. Wortelontwikkeling van Tarwe, Tabak en Banaan, in het bloeistadium.
Rootdevelopment of Wheat, Tobacco and Banana at the time of blossoming.

Procentische wortelverdeeling op 5—15 cm. afstand van de plant

Diepte	+ 20 cm	—20 cm.	—40 cm.	—60 cm.	—80 cm.	—100 cm.	—120 cm.	—140 cm.	—160 cm.
Onbemest	15	58	11	8	5	3	—	—	—
Crotalaria + 6 ZA.	12	61	9	7	5	4	2	—	—
Crotalaria + 8 Ammophos	10	57	9	8	6	5	3	1	1

Wortelrichting, enz.

	„Schuin"	„Overgaand"	
	op 5-15 cm. afstand	op 5-15 cm. afstand	op 30-40 cm. afstand
Onbemest	45%	91%	87%
Crotalaria + 6 Z.A.	43%	93%	90%
Crotalaria + 8 Amm.	49%	94%	100%

De volgende conclusies kunnen wij trekken:

1⁰) Het aantal bijwortels, dat uit de wortelhals uitloopt is door de bemestingen sterk vermeerderd.

2⁰) De wortelgroei (zie „langste wortels" en percentage „overgaand) en wortelvertakking (zie foto 4) zijn door de bemesting sterk bevorderd.

3⁰) De wortelverdeeling in de verschillende grondlagen is bij alle objecten vrijwel volkomen identiek. Door de snellere wortelgroei bij „bemest" dringt een enkele wortel echter iets dieper door, doch procentsgewijs maakt dit niets uit.

De bemesting veroorlooft de wortels dus *niet* om schuiner in den grond te dringen, wat ook klopt met de vrijwel gelijke percentages „schuin" indringend, die we bij de verschillende objecten aantreffen.

Wat wij dus zien is, *dat de bemesting aanleiding geeft tot een veel sterker ontwikkeld wortelstelsel in dezelfde grondlagen als bij onbemest.* Deze „geconcentreerdere" wortelaanwezigheid vindt men ook gedemonstreerd door de getallen, die de verhouding van het aantal bij het uitgraven tegengekomen wortels aangeven op 5-15 cm. afstand van de plant op een gelijke omtrek (O : CZ : CA = 10 : 12½ : 17).

Afgezien van de schaarsche vertikale wortels vindt men bij Tabak dus geen dieper indringen der wortels door fosforzuurbemesting, zooals men dat in de literatuur nogal eens erg gegeneraliseerd vindt, speciaal

nadat *Russell* in zijn bekende boek „Soil conditions and plant growth" dit voor Tarwe had medegedeeld.

Bij onder fosforzuurgebrek lijdende Musa-planten kon ik zelfs niet het minste effect van fosforzuur-bemesting op grootere „root-penetration" vaststellen.

Nu vertoonen genoemde 3 plantensoorten: Tarwe, Pisang en Tabak onderling een geheel afwijkend wortelstelsel (zie figuur 4).

Tarwe zendt zijn wortels vrijwel vertikaal naar beneden, Pisang heeft een volkomen horizontaal ontwikkeld wortelstelsel, Tabak tenslotte heeft meestal naast een overwegende horizontale wortelontwikkeling ook wel wat schuin indringende wortels. Zonder nu een verandering in de wortelrichting te veroorzaken is het duidelijk, dat fosforzuurbemesting alleen *door de wortelgroei te versnellen* bij Tarwe een duidelijk dieper doordringen ten gevolge zal hebben. Bij Pisang daarentegen zal dezelfde wortelgroei-versnelling geen diepere doordringing bewerken. Tenslotte zal de Tabak bij het horizontale gedeelte van het wortelstelsel *niet*, doch bij de minder talrijke schuin naar beneden gaande wortels *wèl* gevolgen van de snellere wortelgroei op het dieper doordringen ondervinden. Zoodoende komen enkele wortels bij Tabak wel dieper (speciaal de 2 of 3 verticale), maar *percentsgewijze* verandert de wortelverdeeling in den grond er toch weinig door.

V. HET WORTELSTELSEL VAN Y_{10} EN EK MET ELKAAR VERGELEKEN.

Op verschillende ondernemingen viel het bij het zeer late invallen der regens in 1929 op, dat te velde de EK beter tegen de sterke droogte bestand was dan de Y_{10} en de KANARI. Op POLAN-ARDJO kwam dit voordeel tegenover de KANARI, op PANDAN-SIEMPING tegenover de Y_{10} zeer duidelijk voor den dag. De EK stond in alle opzichten normaler: een betere ontwikkeling van de gevormde bladen, een minder slap hangen der lagere bladen midden overdag, en minder uit droogte omhoog staan der bovenste jonge poepoesan-bladen.

Op PANDAN-SIEMPING werd foto 5 gemaakt, op de grens der Y_{10}- en EK-aanplant na een grootendeels uitblijven der regens en zonder voor- of na- onderwaterzetten op een zandigen Merapi-aschgrond. Bij het nemen der foto was deze aanplant reeds ± 2$^1/_2$ maand oud (gerekend na uitplanten te velde).

Tegelijk werd nu een onderzoek naar het wortelstelsel verricht. Vlak langs de grens van Y_{10} en EK werden aan weerszijden gemiddelde planten uitgegraven op een terreingedeelte, waar de aanplant binnen iedere soort regelmatig stond.

In de volgende tabel zijn de gemiddelde resultaten (van ieder 5 planten) samengevat.

Onderneming PANDAN-SIEMPING. Merapi-zandgrond, niet vóór- of nabevloeid. Leeftijd ± 2$^1/_2$ maand na overplanten, eind November.

	Aantal bijwortels	Diepste wortel	Langste wortel	Overgaand	
				op 15 cm.	op 40 cm.
Y_{10}	42	70 cm.	107 cm.	79 %	80 %
EK	50	84 „	119 „	91 %	96 %

Procentische Wortelverdeeling in de verschillende lagen:

	Op 5 — 15 cm. afstand		Op 30 — 40 cm. afstand	
	Y_{10}	EK	Y_{10}	EK
Aanaarding	21	20		
0 — 20 cm.	55	54	52	54
20 — 40 „	15	14	42	38
40 — 60 „	7	7	6	8
60 — 80 „	2	4	—	—
80 — 100 „	—	1	—	—

Zeer opvallend is de overeenkomstige wortelverdeeling in de verschillende diepten, hetgeen ook uit de uitkomsten der tellingen over de wortelrichting blijkt, die voor Y_{10} en EK een percentage „schuin" indringend van respectievelijk 27 % en 25 % geven (gemiddelde van de waarnemingen op 5 — 15 cm. en 30 — 40 cm. afstand van de plant).

De EK heeft dus in zooverre geen krachtiger wortelstelsel dan de Y_{10}, dat hij niet in staat is zijn wortels vertikaler naar diepere grondlagen te zenden.

Echter blijkt de wortelgroei van de EK sneller te zijn, het aantal wortels grooter en de vertakking sterker dan van de Y_{10}.

Door deze sterkere groei dringt een enkele wortel soms wat dieper door dan bij de Y_{10}, doch percentsgewijze maakt dit voor de wortelverdeeling in de diverse lagen niets uit. De sterkere groei valt af te lezen uit de grootere lengte der „langste wortels", doch ook uit het hoogere percentage „overgaand" bij de EK.

Er ontstaat zoo in dezelfde grondlagen bij de EK een uitgebreider wortelstelsel dan bij de Y_{10}.

Deze betere ontwikkeling blijkt ook uit foto 6, waarop een gemiddelde plant van Y_{10} en EK na voorzichtig uitspoelen zijn afgebeeld (de wortelrichting is vanzelfsprekend geheel onnatuurlijk).

Zoo wordt het duidelijk, waardoor op lichte gronden de grootere droogtē-resistentie der EK wordt veroorzaakt. De sterkere ontwikkeling van het wortelstelsel verklaart ook, waarom de EK zelfs na zeer lange droogte zooals in 1929 bij het invallen der regens beter daarvan kan profiteeren, en een nog flinke bladontwikkeling kan krijgen, terwijl de Y_{10} zonder behoorlijke bladuitgroei in bloei gaat schieten. Deze gunstige eigenschap der EK viel me het laatste jaar zeer op, n. l. op SOROGEDOOG en PANDAN-SIEMPING.

Foto 5. Ontwikkeling van $\pm$ $2^1/_2$ maanden Y_{10} (links) en EK (rechts) na sterke droogte op zandigen grond van PANDAN SIEMPING.

$\pm$ $2^1/_2$ month old Y_{10}-tobacco (left of the drain) and EK-tobacco (at right) after extraordinary dry weather on sandy soil. Note the better drought-resistance of the EK-tobacco, a strain with a more extensive rootsystem than the Y_{10}.

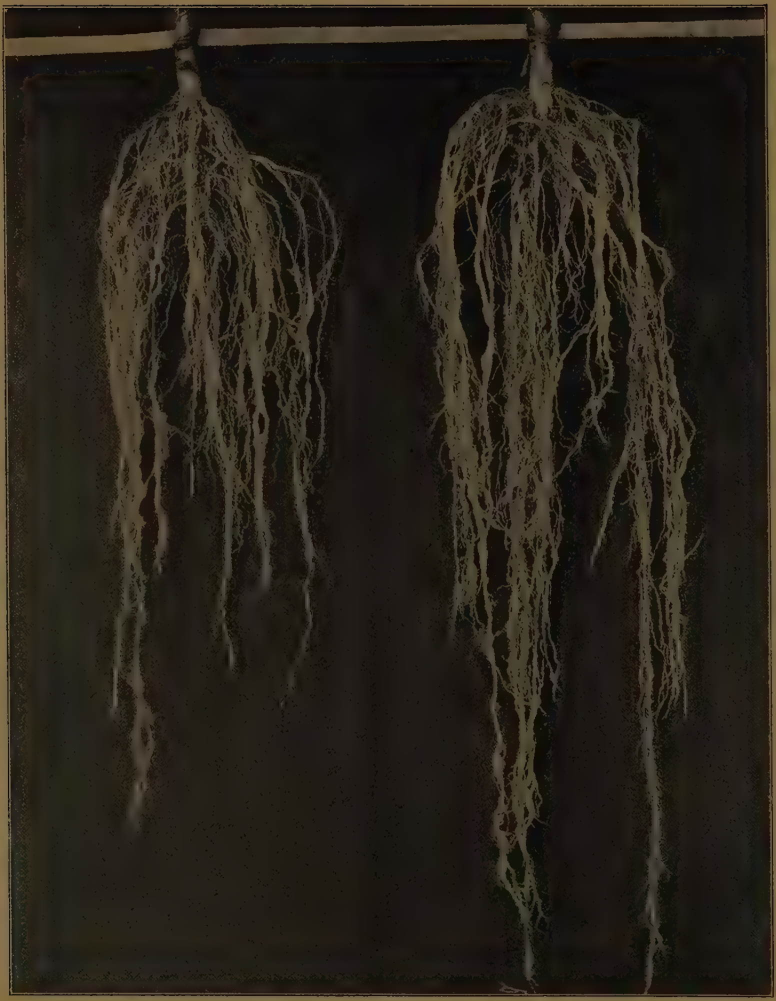


Foto 6. Uitgegraven wortelstelsel van Y_{10} (~~rechts~~ links) en EK (~~links~~ rechts) ter plaatse en ten tijde van de opname der foto 5. De betere ontwikkeling van het EK- wortelstelsel komt duidelijk uit. (De wortelrichting is geheel onnatuurlijk).

Carefully excavated rootsystem of Y_{10} (at left) and EK- tobacco (at right), grown under similar circumstances. Although the position of the roots is not naturally, visable is the more extensive root development of EK.

Wat de zware gronden betreft, valt er van de EK niet veel te verwachten. Op de bevloeide zware gronden zal het sterker ontwikkelde wortelstelsel de chloor-opname kunnen bevorderen en daardoor de brand drukken. Op de droge zware scheurende gronden zal de grootere wortel-capaciteit der EK niet tot ontplooiïng kunnen komen, omdat het „indringend" vermogen niet grooter is dan bij de Y_{10}, terwijl in de scheuren de sterkere zijwortelontwikkeling ook niet tot haar recht kan komen, zooals we reeds eerder zagen.

Daardoor valt de EK op de droge zware gronden dikwijls ook in bladontwikkeling tegen.

VI. EENIGE LABORATORIUMPROEVEN OVER ADVENTIEF-WORTELVORMING, WORTELGROEI EN WORTELVERTAKKING BIJ TABAK.

Alvorens op eenige der genomen proeven in te gaan moet hier even worden gereleveerd, wat over de absorptiezone van wortels in het algemeen bekend is. Een wortel bestaat uit een centrale cylinder, die onder anderen als transportbaan fungeert voor water en voedingstoffen van beneden naar het bovengrondsche deel der plant. Deze centrale cylinder is omgeven door lagen van schorscellen, die op hun beurt aan de buitenzijde afgesloten zijn door één aaneengesloten laag van opperhuidcellen.

Deze cellagen, die de centrale cylinder omgeven vervullen de rol, om het water met voedingszouten uit den bodem te absorbeeren en in radiale richting te pompen in de vaten der centrale cylinder.

De opperhuidscellen groeien vooral in vochtige lucht tot lange uitstulpingen uit: de z.g. wortelharen. Men heeft veelal aangenomen, dat deze wortelharen door het absorbtie-oppervlakte te vergrooten, de wateropname zouden bevorderen. Volgens nieuwere onderzoekingen (*Scott and Priestley* „The root as on absorbing organ", I en II, New Phytologist *27*, 1928) bevorderen deze haarwortels alleen in droge gronden de wateropname. En nu worden juist in zeer droge gronden door tabak weinig haarwortels gevormd. De beteekenis der haarwortels voor voedselopname is waarschijnlijk sterk overschat.

Van groot belang is voor ons het feit, dat slechts een klein deel van de opperhuidcellen tot opname van water in staat is. In aansluiting aan de nieuwere onderzoekingen van *Ursprung en Blum (Ursprung und Blum* „Über die Lage der Wurzelabsorptionszone in der Wurzel", Vierteljahrsschrift Naturforsch. Ges. Zürich, *73*, Beibl. 15, 1928) kunnen wij ons het volgende beeld ervan vormen: vlak achter de deelende worteltop vinden wij de strekkende zone, die water absorbeert, dat ter plaatse verbruikt wordt bij de groei. Direct hierop volgt de pas uitgegroeide zone, waar eventueel de haarwortels worden uitgeworpen. Dit deel van de wortel neemt het water op, dat via de centrale cylinder voor het bovengrondsche deel der plant bestemd is.

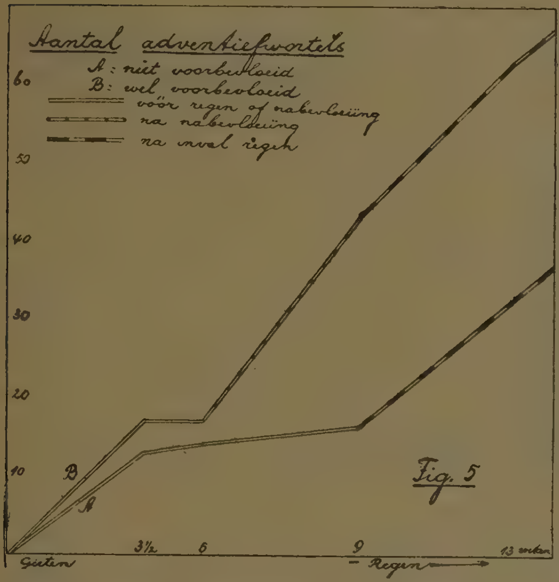


Fig. 5. Aantal adventiefwortels op verschillende leeftijdstadia.

Number of adventitious roots at different stages.

Nog wat meer basaal sterft de epidermis af en verliest daarmede zijn wateropnemend vermogen. Van een wortel zijn dus maar zeer beperkte deelen tot de wateropname in staat: slechts korte stukken, die basaal direct volgen op de strekken dezone van den wortel. De rest van het wortelstelsel is hoofdzakelijk een leidings-stelsel (de Duitschers noemen dit deel „Leitwurzel"; de absorbeerende zone: „Saugwurzel").

Wanneer wij dus bij de grondbewerking wortels afslaan vernielen wij daarmede bijna steeds de heele water-opnemende zone vlak bij den worteltop. Wanneer daarentegen oude „Leitwurzeln" zijwortels uitwerpen, ontstaan hier weer jonge nieuwe worteldeelen, die tot voedselopname in staat zijn. Bij een intensieve voedselopname zullen wij dus een wortelstelsel moeten hebben met veel jonge groeiende worteldeelen, hetgeen wij bij het volgende in het oog moeten houden.

1. HET UITLOOPEN VAN ADVENTIEFWORTELS IN VERBAND MET DE VOCHTIGHEID.

Bij het onderzoek te velde was de indruk verkregen, dat de grondvochtigheid invloed had op het uitloopen van adventiefwortels. Ik wijs nog even op fig. 5 waar het wortelaantal grafisch is voorgesteld. Tjorren (direct na het planten), bevloeien en regenval doen het wortelaantal toenemen. Ook ziet men in den vóórbevloeiden (dus vochtiger) grond bij het begin (tijdens het tjorren) reeds een sterkere toename van het aantal wortels dan in niet voorgeirrigeerden grond.

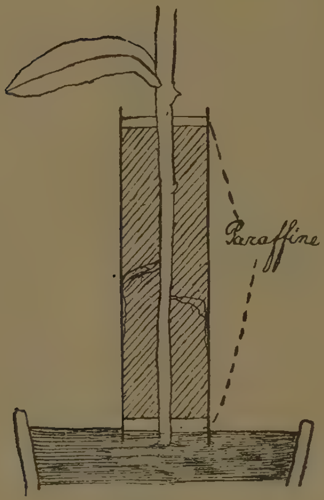


Fig. 6.

Op de volgende eenvoudige wijze werd deze kwestie nog eens nagegaan. Groote nog niet bloeiende planten werden van hun benedenste bladeren ontdaan. Er werden glazen cylinders over de planten gestulpt, die om de bladerlooze onderstam kwamen te staan, waarbij de bodem der glazen met paraffine werden afgesloten. Alle cylinders werden bij gelijk volumegewicht (1,1) gevuld met dezelfde soort grond, doch van verschillende vochtigheid en van boven tegen uitdroging weer met paraffine afgedekt. Het resultaat na 2 weken was als volgt:

Laboratoriumproeven met tabakswortels

Hoeveelheid water: hoeveelheid luchtdroge grond	Nieuwe adventiefwortels, uitgeworpen in „aanaarding"
0 : 10	geen enkele plant
1 : 10	geen enkele plant
2 : 10	alle planten
3 : 10	alle planten

Hieruit blijkt dus duidelijk, dat het uitwerpen van nieuwe adventiefwortels van de vochtigheid van den grond afhangt.

2. INVLOED VAN GRONDVOCHTIGHEID EN ZUURSTOFGEBREK OP DE GROEISNELHEID DER TABAKSWORTELS.

Hadden wij door de resultaten van het veldonderzoek reeds duidelijke aanwijzingen, dat de groeisnelheid in droge gronden beduidend langzamer plaats heeft dan in vochtige gronden, door middel van groeimetingen werd dit punt nog eens nader in beschouwing genomen. Temeer geschiedde dit, omdat men in de practijk telkens weer het idee tegenkomt, dat door droogte snellere en uitgebreidere wortelontwikkeling zou plaats vinden, dat de plant dus door de droogte tot vermeerderde wortelgroei zou worden gestimuleerd: „dat hij bij droogte naar water zou gaan zoeken", zooals men dan zegt.

Ter vergelijking willen wij nog even de gemiddelde langste wortellengte naast elkaar zetten op 9 weken ouden leeftijd ($3^1/_2$ weken oud werkt de invloed van het gieten waarschijnlijk nog verstorend na):

	Gem. langste wortel in c.m. (9 weken)	Gem. groei per etmaal in m. m. *)
Klei, onbevloeid	78	$12^1/_2$
Zand, onbevloeid	66	$10^1/_2$
Klei, vóór- en nabevloeid	102	16
Zand, vóór- en nabevloeid	104	$16^1/_2$

De laboratoriumproeven werden als volgt uitgevoerd. Cylindrische lampenglazen van 20 c.m. lengte werden gevuld met mergelkleigrond, zoodanig, dat overal het volumegewicht $1^1/_{20}$ bedroeg. De bodem werd met een $^1/_2$ c.m. dikke laag paraffine afgesloten. Hetzelfde geschiedde met de bovenopening van het lampenglas; middenin werd daar echter een nauw gaatje geboord, waardoorheen een kiemplantje van tabak (met 3 jonge blaadjes) werd ingeplant, terwijl vervolgens om de opening alles nog eens met wat grond werd aangesloten.

De luchtdroog gemaakte grond werd vooraf met verschillende hoeveelheden water gemengd, n.l. 1 deel water op 10 deelen luchtdrogen grond, idem 1½ op 10, 2½ op 10 en 3 op 10. De grond werd gelijkmatig vast in de glazen ingestampt, zoodanig dat het bovenvermelde volumegewicht werd verkregen.

Den plantjes in den droogsten grond (1/10) werden gedurende de drie eerste dagen door de opening eenige waterdruppels toegevoerd, om het „aanslaan" te bevorderen. Dit was bij de andere glazen niet noodig. Daarna werden de planten, die onder een afdak — dus buiten de zon — stonden aan hun lot overgelaten en werden dagelijks groeimetingen uitgevoerd aan de wortels, die langs het glas zichtbaar waren.

De planten nemen natuurlijk water op, doch dit is te verwaarloozen in verhouding tot de totale hoeveelheid water, wanneer men maar gedurende korten tijd de proef voortzet, hetgeen trouwens ook wenschelijk is, om niet door de gevolgen van luchtafsluiting de proef te doen verstoren.

*) Hierbij is aangenomen, dat deze langste wortels overal direct den eersten dag na het planten werden uitgeworpen. Dit zal niet geheel juist zijn, m. a. w. deze getallen zijn slechts relatief vergelijkbaar en stellen eigenlijk gemiddelde minimum-groeisnelheden per etmaal voor de langste wortel voor.

De resultaten waren binnen elk type zeer overeenkomstig. In fig. 8 ziet men de groote verschillen in wortelvertakking: *de wortels bij een vochtigheid 1/10 vertakken bijna in het geheel niet meer.* Wat de groeisnelheden per etmaal betreft, deze zijn in de volgende tabel samengesteld, als gemiddelde van 20 — 25 metingen per type:

Groeisnelheid per etmaal van tabakswortels.

Vochtigheid (hoev. water: hoev. luchtdroge grond)	Gemiddelde groeisnelheid per etmaal (in m. m)
1 : 10	$6^1/_2$ m, m.
$1^1/_2$: 10	$12^1/_2$ m. m.
$2^1/_2$: 10	15 m. m.
3 : 10	17 m. m.

Verhoogde vochtigheid heeft dus versnelde wortelgroei tengevolge. Het worteltype, zooals dat bij 3/10 ontstaat herinnert aan dat in bevloeiden kleigrond aangetroffen, terwijl het worteltype, dat wij in onbevloeiden lichten grond tegenkwamen tusschen dat van 1/10 en $1^1/_2$/10 lag: eenige doch zwakke wortelvertakking.

Bij al te groote vochtigheid in den zwaren kleigrond, gepaard gaande met afsluiting (dichtslaan) van den bovengrond en stijging van den grondwaterstand, was bij het veldonderzoek een afsterving van het wortelstelsel vooral in de diepere grondlagen opgevallen. Heeft door zuurstofgebrek wortelafsterving bij tabak plaats?

Deze kwestie wilden wij nog eens nagaan met de methode door ROODENBURG (J. W. M. ROODENBURG „Zuurstofgebrek in den grond in verband met Wortelrot", Diss., Baarn 1927) voor andere planten gebruikt.

Hierbij werden tabak-kiemplanten in lampenglazen met grond van gunstige vochtigheid voor wortelgroei gekweekt. Van de voren beschreven werkwijze werd alleen afgeweken door den bodem niet met paraffine, doch met een doorboorde rubberkurk af te sluiten. De glazen buis, die deze kurk doorboorde kon nu met een caoutchoucslang aangesloten worden aan een koolzuur-of waterstofstroom geproduceerd in een Kipp-toestel. (Door tusschenschakeling van waschfleschjes met soda, respectievelijk loog werd de gasstroom van zuren gezuiverd).

Koolzuurgas heeft menigmaal een giftige werking op plantendeelen; waterstof heeft de eigenschap indifferent te zijn en heeft dus alleen de beteekenis van de zuurstof te verdringen.

Wanneer de tabakswortels een half uur koolzuurgas doorgeleid krijgen, treedt behalve onmiddellijke groeistilstand, na eenige uren reeds bij

alle worteltoppen een typisch „ineenvallen" van de zich strekkende zone der wortelschors (zie fig. 7) op, terwijl tevens de wortelharen afsterven. Ook heeft een gele verkleuring der schors plaats, die zich—dus ook bij beëindigen van de koolzuurgas-doorleiding—basaal voortzet. Op deze wijze sterven alle wortels in. Na eenige dagen verblijf aan de lucht spruiten hier en daar basaal nieuwe zijwortels uit de centrale cylinder.

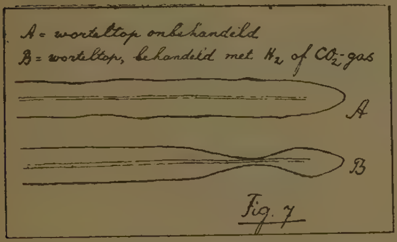


Fig. 7. Wijze van insterven der Tabakswortels, veroorzaakt door waterstof of koolzuurgas.

Dying of tobaccoroots caused by hydrogen and carbon dioxide.

Deze uitkomsten komen overeen met die door ROODENBURG verkregen bij andere planten, alleen de tabak blijkt onder onze omstandigheden (± 25° C) veel gevoeliger dan de plantensoorten door ROODENBURG bestudeerd (bij ± 20° C). De boon, die bij ROODENBURG namelijk het gevoeligste was, reageerde toch pas na 12 uur doorleiden van een snelle koolzuurstroom.

Bij doorleiden van waterstofgas kreeg ROODENBURG bij geen zijner proefplanten (Mahonia, Den, Iep, Crocus) afsterving van de worteltop; bij de Iep gaat de wortelgroei zelfs door gedurende het doorvoeren van waterstof.

Ook in dit opzicht bleek de tabak te Klaten veel gevoeliger. Na doorvoeren van waterstof gedurende twee uren was de wortelgroei overal opgehouden en ook na vervolgens toelaten van lucht, bleken de worteltoppen niet in staat hun groei te hervatten, waarbij binnen een halven dag dezelfde verschijnselen als bij koolzuur optraden, n.l. ineenvallen van het schorsgedeelte vlak achter de worteltop. Later traden na staan aan de lucht basaal dikwijls weder nieuwe zijwortels uit de centrale cylinder. Het bleek zelfs onnoodig de bovenzijde van het lampenglas met paraffine af te sluiten, om deze afsterving van de wortels bij het doorleiden van een waterstofstroom te verkrijgen.

Uit dit alles blijkt wel duidelijk, dat de tabakswortel onder tropische omstandigheden zeer gevoelig is voor zuurstofgebrek en dat overal waar door „dichtslaan" van den grond of op andere wijze afsluiting van de lucht plaats heeft, stagnatie in de wortelontwikkeling en insterving van wortels is te verwachten.

3. INVLOED VAN WORTELBESCHADIGING OP DE VERTAKKING VAN HET WORTELSTELSEL.

Het is een kwestie van practisch belang, om den invloed van mechanische beschadiging op het wortelstelsel te kennen, omdat we daardoor een idee krijgen, wat grondbewerking tijdens dat de plant te velde staat, uitricht.

Bij bolgewassen als Hygacinth, welks wortels bij afkappen van het worteleinde niet vertakken, neemt men de absorbeerende wortelzone weg zonder dat de plant dit op een andere wijze kan herstellen dan door het uitwerpen van geheel nieuwe wortels. Bij de Pisang, waar de wortels in gewone gevallen geregeld vertakken heeft mechanische beschadiging van de vleezige wortels in de meeste gevallen afsterving tengevolge. Ook daar geschiedt regeneratie en vorming van nieuwe absorbeerende worteldeelen dus moeilijk.

Bij de Tabak hebben we deze kwestie o.a. nagegaan in glazen cylinders met grond van bepaalde vochtigheid. Gedurende 2 weken werd de groei en vertakking van de wortels langs den glaswand gevolgd.

Bij de helft der cylinders werd na 8 dagen de onderste paraffine-afsluiting er uit genomen, de grond voorzichtig verwijderd tot een worteltop bereikt was. Na afknippen van deze top werd de grond weer in het lampeglas teruggedaan en de onderzijde opnieuw met paraffine afgesloten. Zes dagen hierna werd van beide wortelbehandelingen (de niet en de wèl afgekapte) een teekening gemaakt, waarvan men in fig. 8 voor drie verschillende graden van grondvochtigheid het resultaat vindt afgebeeld. Ook na langeren tijd trad bij de vochtigheidstoestand 1 : 10 geen vertakking op.

In vochtigen grond leidt beschadiging van de worteluiteinden van tabak binnen slechts enkele dagen tot intensieve zijwortelvorming en zijwortelgroei, waardoor een grooter absorbeerend oppervlakte ontstaat dan zonder beschadiging. In te droge gronden blijft deze wortelregeneratie vrijwel volkomen uit.

Bij de uitgravingen te velde was het reeds opgevallen, dat in de droge onbevloeide zandgronden vele verdroogde wortels voorkwamen, die blijkbaar bij een lichte grondbewerking waren geraakt.

Fig. 8. Wortelontwikkeling in 2 weken bij verschillende grondvochtigheid en bij al of niet afknippen van den worteltop.
Rootdevelopment in 2 weeks at different soilmoisture. (B: cutting the roottop after 8 days of growth).

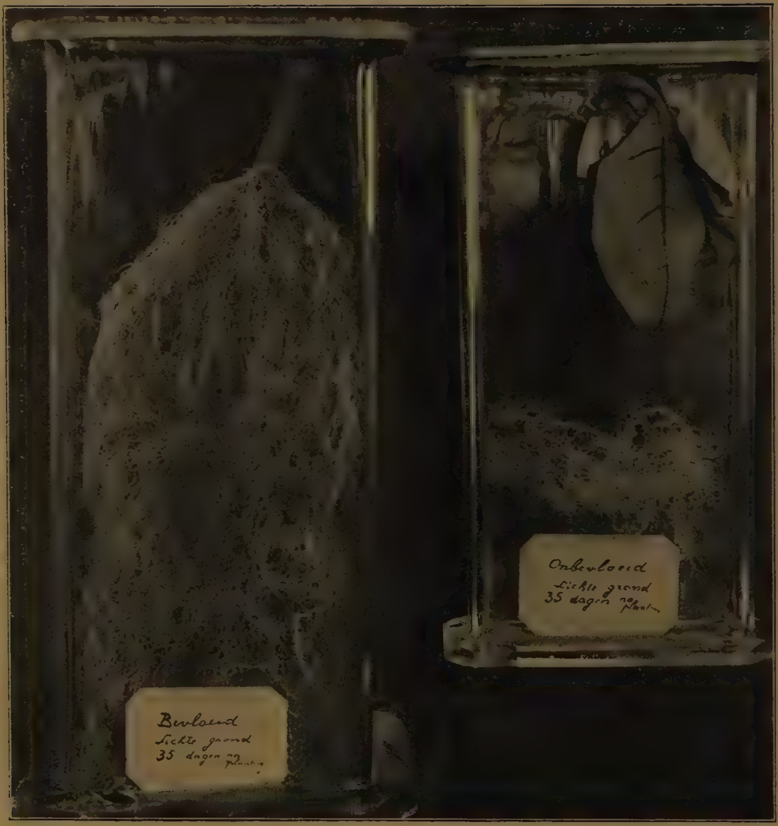


Foto 7. Wortelontwikkeling van typische, 5 weken oude Kanari op lichten grond, toonende den enormen invloed der irrigatie op de ontwikkeling van het wortelstelsel. Links: bevloeid; rechts: onbevloeid.

Showing the effect of irrigation on development of the root-system.
Sandy soil; both representative plants, 5 weeks after transplanting.
At left: irrigated; at right: not irrigated.

VII. BESCHOUWING DER RESULTATEN IN VERBAND MET CULTUURMAATREGELEN EN IN VERBAND MET DE BRANDBAARHEID VAN TABAK.

Er is in meerdere opzichten aanleiding om de verkregen uitkomsten te bezien in verband met grondbewerkingen, bevloeiïngen, bemestingen en dergelijke cultuurmaatregelen, mede met het oog op de brandbaarheid.

We willen dus de voornaamste resultaten nog even samenvatten:

1. Verhooging der grondvochtigheid (dus vóór-, nà-nlgebben en regenval) prikkelt tot uitwerpen van wortels, versnelt de wortelgroei, bevordert de wortelvertakking, en door dit alles wordt ook de opname van zouten uit den grond versterkt.
2. Al te groote grondvochtigheid kan echter leiden tot wortelinsterving.
3. Bemesting had in de onderzochte gevallen versterkte wortelvorming en wortelvertakking ten gevolge.
4. Mechanische wortelbeschadiging heeft bij voldoende grondvochtigheid uitwerpen van talrijker en beter ontwikkelde zijwortels ten gevolge dan zonder deze beschadiging het geval zou zijn.
5. De EK-tabak is door zijn grooter aantal wortels en zijn grootere wortelvertakking, op zandigen grond beter resistent tegen droogte dan bijv. de Y_{10}.

In verband met het brandbaarheidsvraagstuk moeten wij een feit vermelden, dat uit de zeer talrijke chlooropnamen op verschillende tijden van het jaar door DR. COOLHAAS is gebleken: Gedurende den drogen moesson stijgt het chloorgehalte in den bovengrond (0 — 30 cm.) en overtreft dan het chloorgehalte in diepere lagen steeds meer. Na het doorkomen der regens neemt het chloorgehalte vooral in den bovengrond af.

Wij zullen nu achtereenvolgens eenige punten bespreken, die in dit verband van practisch belang zijn:

1. *Vóórbevloeien en grondbewerkingen vóór het planten.*

Hoe intenser de grond door de toegepaste grondbewerking vóór het

planten uitdroogt, des te langzamer zal zich het wortelstelsel ontwikkelen (lage grondvochtigheid) en des te beter zal men de aanplant kunnen „tegenhouden".

In verband met de brandbaarheid is dit voor chloorrijke gronden wel belangrijk, omdat hoe méér zich het wortelstelsel ontwikkelt in de droge (chloorrijke) periode, hoe slechter de brand zal uitvallen. Vóórbevloeien zal daarom op gronden met hoog chloorgehalte beter achterwege kunnen blijven.*)

2. GIETEN („TJORREN").

De beteekenis van het „tjorren" is duidelijk: het prikkelt tot uitwerpen van adventiefwortels, die langzaam doorgroeien ook na beëindiging ervan. Hoe langer en intenser men tjort, hoe meer men aanzet tot uitwerpen van wortels in den drogen tijd, wat op chloorrijke gronden geen voordeel kan wezen.

3. GRONDBEWERKINGEN EN BEVLOEIEN NA HET PLANTEN, DOCH VOOR DEN REGEN.

De eerste lichte grondbewerkingen hebben de bedoeling den bovengrond los en open te houden.

Het nabevloeien heeft een ingrijpende uitwerking op de plant. Het gevolg is een uitwerpen van nieuwe wortels en een intensere wortelontwikkeling en- vertakking. Hierdoor wordt de voedselopname sterk in de hand gewerkt en na eenige dagen is de „schok" die het bovengrondsche deel der plant hierdoor krijgt zeer duidelijk waarneembaar: een bijzonder snelle bladontwikkeling vangt aan. De practische ervaring, namelijk dat men bij uitblijven van den regen na eenige weken beslist „terug moet komen" met zijn bevloeiïng, wordt nu ook duidelijk. De grond droogt na het irrigeeren gaandeweg weer uit, waardoor ook de wortelontwikkeling weer wordt vertraagd. Hierdoor ondervindt de watervoorziening van het sterk vergroote (waterverdampende) bladoppervlak al spoedig op dubbele wijze groote moeilijkheden, die—tenzij opnieuw bevloeid wordt—zich uiten in een groeistagnatie, waarbij de planten veelal onvolgroeid in bloei schieten zonder dat het bladerstelsel namelijk tot uitgroei en goede ontplooiïng kon komen.

---

*) Tegen het einde van de droge moesson is de waterhoeveelheid van den grond voor de groei der tabaksplant in het minimum. Waar door oude en nieuwe goten, lage en hooge stukken enz. deze waterhoeveelheid bovendien van plaats tot plaats sterk wisselt, ontstaat een zeer ongelijk doorgroeiende aanplant. Door vóórbevloeien worden deze vochtigheidsverschillen voor een groot deel weggenomen zoodat een veel uniformere snellere ontwikkeling plaats vindt. Op goed brandbare gronden zal dit dus een goede cultuurmethode kunnen zijn, als men maar met de snellere groei rekening houdt door later te planten dan de niet voorgeirrigeerde aanplant.

Het is m.i. van groot belang voor een goede kennis van de gevolgen dezer cultuurmaatregelen, om ook na te gaan wat het effect van deze „stoot" is voor de bloemvorming (dus indirect voor het bladaantal) en de bladvorming (bladstructuur en bladkwaliteit) en ik hoop voor dat onderzoek nog eens tijd te kunnen vinden. Doch reeds zonder dat heeft men den indruk, dat het bevloeien—ondanks vele voordeelen natuurlijk (bv. gelijkere aanplant)—toch steeds een riskante zijde behoudt, omdat men nooit vooruit weet wanneer de regens zullen invallen.

Vereischt het bevloeien van de tabak in het algemeen dus reeds omzichtigheid, voor chloorrijke, slecht brandende tuinen moeten wij van een beslist gevaar spreken.

Nabevloeien heeft evenmin als vóórbevloeien een duidelijke uitspoeling van chloor tengevolge, zooals dit bij sawahgebruik of continue regens door het inzetten van een neerdalende waterbeweging wèl het geval is. Het bevloeien echter is niet veel meer dan een even volzuigen van den bovengrond met water. En door de dientengevolge optredende intense wortelontwikkeling krijgt de plant eerst recht de gelegenheid in de volgende droge weken de rijkelijk aanwezige chloriden op te zuigen. Op slecht brandende tuinen zullen wij in het belang van de brandbaarheid de ontwikkeling van de tabaksplant dus moeten verleggen naar den regentijd, waarin de sterke wortelontplooiïng samengaat met een neerdalende waterbeweging en een door de geregelde regenval reeds vanzelf verdunde chloorconcentratie van het bodemvocht.

Ik weet wel, dat dit een ongelijke aanplant en kans op „verregenen" der tabak tengevolge heeft; inderdaad zal men op deze gronden altijd meer of minder gehandicapt zijn. Doch de brandbaarheid is daar in het minimum, m.a.w. zóó een levenskwestie voor deze ondernemingen, dat tegenhouden der ontwikkeling totdat de Westmoesson doorkomt mij hiervoor een vereischte toeschijnt. Wanneer men dan reeds bij voorbaat wat meer op aangeaarde ruggen plant, zou bovendien wellicht eenigszins de kans op onder water loopen der jonge aanplant door zware regens kunnen worden voorkomen.

4. GRONDBEWERKING OP DROGE ONBEVLOEIBARE ZANDGRONDEN.

Deze ten tijde van het planten zeer droge gronden geven niet alleen een zeer spaarzame doch ook een uiterst oppervlakkige wortelontwikkeling ($3^1/_2$ weken na het overplanten bevinden zich 96% der wortels in de bovenste 20 centimeter). Aanaardingen en grondbewerkingen moeten hier daarom zooveel mogelijk worden

uitgesteld tot de regens doorkomen. Door aan te aarden, zouden bij het patjollen een zeer groot deel van de wortels doorgeslagen worden, die bij de geringe grondvochtigheid van het droge zand zouden verdrogen, inplaats aan te vertakken. Men beschadigt de plant daarmede dus ernstig. Het aanaarden heeft bovendien geen zin, daar het droge zand toch geen uitloopen van nieuwe adventief-wortels veroorzaakt.

Wij moeten op deze gronden alles doen om de aanplant zoo krachtig mogelijk te krijgen tegen dat de regens invallen en het is duidelijk, dat hiervoor aanaarden en grondbewerken in het algemeen verkeerd moeten wezen.

Daar op de zandige Merapigronden geen gevaar voor te veel chloriden en dus slechte brandbaarheid bestaat, zal, indien men voor-irrigeeren kan toepassen, dit zeker een aanbevelenswaardige maatregel zijn.

5. GRONDBEWERKINGEN NA HET DOORKOMEN VAN DE REGENS.

Op zware gronden is een voldoende ontwatering een vereischte, daar anders wortelafsterving optreedt. Herhaalde aanaardingen en lichte grond-bewerkingen geven in den vochtigen grond sterke wortelvertakking, zoodat al spoedig de bovengrond met een net van jonge, voedingszouten absorbeerende wortels is doortrokken. Dit is in deze periode, waarin het blad tot een zoo volledig mogelijke ontplooiïng moet komen van buitengewone beteekenis.

Op zandige gronden kan deze bewerking direct na de regens plaats hebben, op zware kleigronden moet men daarmee eenige dagen wachten, omdat men anders bij bewerking van den te natten kleigrond een slechte grondstructuur zou krijgen.

6. TIJD VAN TOEDIENEN DER KUNSTMEST IN VERBAND MET DE BRANDBAARHEID.

Bemestingen kunnen aanleiding geven tot betere wortelontwikkeling en daardoor ook snellere en betere ontwikkeling van het bovengrondsche deel van de plant.

Wij hebben hier wellicht de voornaamste oorzaak gevonden, waarom ook alle niet chloorbevattende meststoffen de brandbaarheid verminderen.

Zoo zal op slecht brandbare tuinen, evenals door bevloeien ook door bemesting een vóórtijdige ontwikkeling van het wortelstelsel plaats hebben. Wanneer men dus de ontwikkeling van de plant naar den

regentijd wil verschuiven, dan dringt zich de vraag op, of het mesten van kunstmest niet eveneens later dient te geschieden, dus inplaats van ± 2 weken na het planten op die gronden beter ware uit te voeren kort voor de regens worden verwacht (dus in October).

Het zal zeker de moeite zijn door proeven met laat mesten, uit te maken of de plant dan nog voldoende ontwikkeling kan krijgen en of inderdaad de brandbaarheid op die wijze minder wordt geschaad dan door de tegenwoordige vroegtijdige bemesting.

VIII. SUMMARY.

INVESTIGATIONS ON ROOTDEVELOPMENT OF VORSTENLANDEN TOBACCO UNDER DIFFERENT CONDITIONS (WITH REFFERENCE TO PRACTICAL MEASURES AND FIREHOLDING CAPACITY)

Introduction and method of rootstudy.

It is of obvious importance to know the effect of different influences (such as soil and weather) and of all kind of practical measures (such as irrigation, tillage and manuring) on the rootdevelopment of tobacco in the Vorstenlanden.

The method used in this investigation is the so called direct method of rootexamination, and is much similar to that described by WEAVER. Trenches were excavated at different distances from the plant (at a distance of 20 and 40 centimeter half circular around the plant). These trenches were made as deep as any root penetrated.

Afterwards layers of 10 centimeter width (in the direction of the plant) and 20 centimeter depth were successively removed, while uncovering the roots, description took place of many rootcharacters, such as number of main roots, maximum depth of penetration, branching, the course the roots took through the soil, and so on.

After finishing this, the roots were uncovered by washing away the soil and the adventitions roots exceeding a length of 5 centimeter were counted.

From 5 till 7 plants of each stage were examined in this way.

Some results were further studied by means of laboratory-experiments.

Rootdevelopment of the Kanari-strain on light and heavy soil, with and without irrigation.

When the seedlings on the nursery beds are about six weeks old, they have to be transplanted in the field; on pulling them out, the taproot is generally broken. Therefore nearly all the roots arising after transplanting belong to the secondary or adventitions rootsystem.

As for the age of the tobacco-plants we calculate from the day of transplanting.

The results of this research may be summarized as follows:

There is a close relation between the arising of (adventitious) roots and soilmoisture. Air-dry soil was mixed with different quantities of water in the proportion of water to air-dry soil as 0/10, 1/10, 2/10 and 3/10.

Glass cylinders placed round the tobacco-stem were filled with these mixtures. Paraffin-seals at the top and at the bottom prevented changes in moisture-content (Fig. 6). Only in 2/10 and 3/10 arose adventitious roots.

Because in the Vorstenlanden transplanting is usual at the end of the dry monsoon, it will be clear that watering the plants is necessary (for about ten days) to get rooting. This causes an arising of new adventitious roots. After stopping the watering of the young plants, growth of the roots continues slowly but arising of new roots does not take places until the watercontent of the soil is considerably increased again by means of irrigation or after the setting in of the wet monsoon. Fig. 5 shows a diagram of the number of adventitious roots during the growing-period of tobacco; photo 5 illustrates the arising of numerous roots after rainfall.

As for the rate of growth and the intensity of branching we could establish, that both are greater in wet than in dry soils, which is in contrast with the prevalent idea in agricultural practice that in dry soil a more extensive rootstystem is developed (as the planter says, „the plant hunts after the water").

Tobacco-seedlings were planted in glass cylinders filled with soil and at the top and bottom sealed with paraffine (leaving a small opening for the plant). All cylinders contained the same soil with the same volumeweight, but different water-content. This way the growth of many roots could be observed and in the shade the following data concerning the rate of growth were obtained:

Quantity of water: quantity of air-driy soil	Average rate of grotwh per 24 hours
2 / 20	$6^1/_2$ mm.
3 / 20	$12^1/_2$ mm.
5 / 20	15 mm.
6 / 20	17 mm.

Fieldresearsch gave rise to the following data about the influence of soilmoisture on rootdevelopment:

	Longest root	Maximum depth of penetration
Not-irrigated heavy clay 5 weeks	41 cm.	27 cm.
Irrigated heavy clay 5 weeks	*50* cm.	*47* cm.
Not-irrigated heavy clay 9 weeks	78 cm.	69 cm.
Irrigated heavy clay 9 weeks	*102* cm.	*87* cm.
Not-irrigated sandy volcanic soil 5 weeks	44 cm.	34 cm.
Irrigated sandy volcanic soil 5 weeks	*69* cm.	*57* cm.
Not-irrigated sandy volcanic soil 9 weeks	66 cm.	58 cm.
Irrigated sandy volcanic soil 9 weeks	*104* cm.	*79* cm.

Not only the number of roots, but also the depth of penetration, the length and the branching appear in dry soil (not irrigated and not moistened by rain) to be considerably smaller than in wet and irrigated soils, which is clearly illustrated by photo 7.

On the distribution of roots in the different soillayers fig. 1 and 3 give complete information. From that we may conclude the following

On sandy soil both irrigation and rains cause an increase of the number of roots in the hill (arising of new adventitious roots!), as well as in the deeper soillayers. The average direction the roots take through the soil is consequently not appreciably changed (Roots penetrating at an angle of more than 30^0 we call oblique roots, the other horizontal roots).

In the heavy clay-soil we get another effect.

Before irrigation and before the rains of the wet monsoon the rootsystem gives here an aspect quite different from that in sandy soil (compare photo 1 with photo 2). The dry heavy clay - soil consists of clods, hard like stones, in which it is impossible for the roots to penetrate. The roots now take their course downward in the empty spaces between these hard clods. Before the setting in of rain the direction of the roots is therefore chiefly vertical. Those roots in the hard and dry clayland are kinked and curved, thick, woody and sparingly branched. In consequence of the rains the colloidal soil swells up and the bursts are closed. This excessive moisture stimulates the formation of numerous new, thin, densely branched, fine roots in the soilsurface, which spread horizontally, whereas the vertical roots in the subsoil die probably through want of oxygen. The dying down of

tobaccoroots we namely can bring about by conducting carbon dioxide and hydrogen through glass cylinders with tobaccoplants (see fig. 7).

Irrigation does not cause a closing of the clay soil, because the quantity of water supplied is to small for that. Hence no dying down of roots in the subsoil takes place. These facts are shown in diagram 1, 3a and 3b.

Another important question is; what happens when a tobaccoroot is severed. In moist soil it promotes more profuse branching (fig. 8) than without cutting; in rather dry soil this does not happen and the root offen dries away. In dry soil therefore we have to be very careful during the tobacco is on the field even with shallow cultivation in wet soil tillage causes not only aeration but after some days also an increase of the absorbing area of the rootsystem, which in turn promotes a more extensive leafdevelopment.

Influence of some fertilizers on the development of the rootsystem of Y_{10}-tobacco.

The following plots were compared: unmanured; green manure (Crotalaria-anagyroides) + 6 gr. Sulphate of Ammonia per plant; green-manure, (Crotalaria-anagyroides) + 8 gr. Ammophos 20/20 per plant.

Some results are shown in the next table (concerning 2½ months old tobacco-plants).

	No fertilizers	Greenmanure + Sulphate of Ammonia	Greenmanure + Ammophos 20/20
Number of adventitious roots	27	37	44
Longest root	100	132	146
Maximum depth of penetration	95	111	136
Rootdirection : oblique	45%	43%	49%
Percentage of roots in hill and soil surface down to 20 c.m.	73%	73%	67%

Manuring causes an increasing number of adventitious roots, a faster growth and a more profuse branching (photo 4). Though some vertical roots in consequence of their more rapid growth attain a deeper penetration, the direction of roots is the same, while the deeper penetration of a single root of the manured plants does not appreciably influence the total percentual distribution.

In his well known book „Soil condition and plant growth" *Russell* states the influence of phosphoric acid on the deeper penetration of the roots of wheat. That this view however does not hold universally for all plants, became apparent by studying the banana (Musa), the root-system of which spreads absolutely horizontal and does not experience any effect of phosphoric acid on rootpenetration. Fig. 4 shows the rootpenetration of wheat, banana and tobacco, illustrating why phosphoric acid, influencing rapidity of rootgrowth, must have a different effect on various plants.

Fig. 9. Wijze van na-irrigeeren der tabak.
Method of irrigating tobacco in the Vorstenlanden.

Comparision of the rootsystem of two different tobacco strains: Y_{10} and EK.

During the extraordinary dry year 1929, it appeared at different estates, that the EK was more drought-resistant than Y_{10}. On photo 5 a tobaccofield shows this difference. An examination of the root-system of both strains revealed the following data:

	Number of adventitious roots	Maximum depth of penetration	Longest root	Percentage of roots to be found in hill, and down to 20 cm. of depth	
				at a distance of 20 cm.	at a distance of 40 cm.
Y_{10}	42	70 cm.	107 cm.	76%	52%
EK	50	84 cm.	119 cm.	74%	54%

The case is much analogous with that of manuring: EK has a greater number of adventitious roots, a more extensive rootbranching, shows a higher rate of rootgrowth and therefore gives a denser root-system in the same soillayers as Y_{10}, whereas only a single root penetrates deeper. No tendency however towards a more vertical root-penetration could be observed. Photo 6 shows the more extensive root-development of EK.

Relation of rooting habit to cultural practice.

In this chapter the importance of the roothabits of tobacco for cultural practice in the Vorstenlanden is discussed. For instance irrigating soils of high chloride-content in the soil surface, will stimulate the absorption of to much chloride and in consequence will reduce the fireholding capacity. In those soils the root-development must be checked till the rains set in, in order to get a better fireholding capacity. During the wet monsoon the chlorides are washed down, while the concentration is permanently lowered by the high watercontent of the soil. This happens not at all, or, only for a short time, by the usual method of irrigating (see photo 8). It is also clear now, why even fertilizers free from chlorides may harm the fireholding capacity by stimulating the development of the absorbing area of the root-systeem during the dry season.